

DEVICE AND METHOD FOR GENERATING FREE CURVED SURFACE

Patent number: JP9270026
Publication date: 1997-10-14
Inventor: SAITO MASARU; KURAGANO TETSUZO
Applicant: SONY CORP
Classification:
- **International:** G06T17/20; G05B19/4097; G06T17/40; G06T11/20
- **european:**
Application number: JP19960104059 19960329
Priority number(s):

Also published as: JP9270026 (1)**Abstract of JP9270026**

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain a free curved surface generating device capable of generating a free curved surface corresponding to dot group data and easily correcting a part of the free curved surface.

SOLUTION: A triangular net is formed in a dot group and a false normal regulated by the triangular net is found out in each dot. The triangular net is transformed into a tertiary Bezier curve and a tertiary Bezier curved surface is generated in an area surrounded by the tertiary Bezier curve to obtain a free curved surface. A point satisfying a prescribed condition is extracted from the dot group and a new curved surface is generated by the use of the feature point. Thus free curved surfaces can be separated into a curved surface generated based upon a feature point and the other curved surface. When both the curved surfaces are individually processed, a part of the free curved surface can easily be corrected to an optional shape.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-270026

(43) 公開日 平成9年(1997)10月14日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 17/20			G 0 6 F 15/60	6 2 2 C
G 0 5 B 19/4097			G 0 5 B 19/403	C
G 0 6 T 17/40			G 0 6 F 15/62	3 5 0 K
11/20			15/72	3 5 5 P

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-104059

(22) 出願日 平成8年(1996)3月29日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 斉藤 勝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 倉賀野 哲造

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

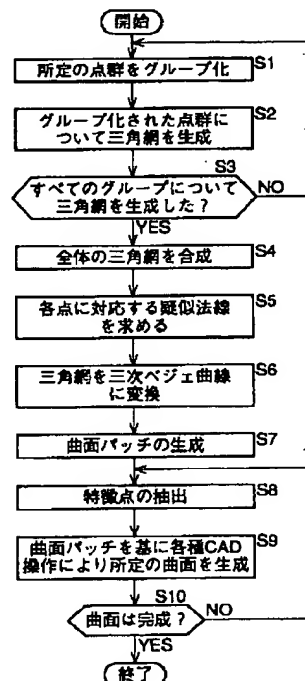
(74) 代理人 弁理士 稲本 義雄

(54) 【発明の名称】 自由曲面生成装置および自由曲面生成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 点群データに対応する自由曲面を生成し、自由曲面の一部を、容易に修正できる自由曲面生成装置を実現する。

【解決手段】 点群に三角網を形成し、各点について、三角網で規定される疑似法線を求める。この法線により三角網を3次ベジエ曲線に変換し、3次ベジエ曲線で囲まれた領域に3次ベジエ曲面を生成することで自由曲面を得る。また、点群の中から、所定の条件を満たす点を抽出し、特徴点を用いて新たな曲面を生成する。このようにして、自由曲面を、特徴点により生成された曲面とそれ以外の曲面とに分離することができる。そして、両者に対して、別個に処理を行うことにより、容易に、自由曲面の一部を任意の形状に修正できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空間的な広がりをもつ所定の点群データに対応する自由曲面を生成する自由曲面生成装置において、

前記点群データを所定の数の集合点に分割する分割手段と、

前記分割手段により分割された前記集合点について、三角網を形成する形成手段と、

前記三角網を構成する各辺を曲線に変換する変換手段と、

前記曲線を含む曲面パッチを生成する生成手段と、

前記曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点を抽出する抽出手段と、

前記特徴点を用いて前記曲面を修正する修正手段とを備えることを特徴とする自由曲面生成装置。

【請求項 2】 前記形成手段は、所定の平面上に投影した前記集合点が、ドロネーの三角網を構成するように前記三角網を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の自由曲面生成装置。

【請求項 3】 前記変換手段は、前記三角網の頂点の疑似法線により求められた位置ベクトルを用いて、前記三角網の各辺を 3 次ベジエ曲線に変換することを特徴とする請求項 1 に記載の自由曲面生成装置。

【請求項 4】 前記生成手段は、前記曲線上の法線により求められた内部制御点で規定される前記曲面パッチを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の自由曲面生成装置。

【請求項 5】 前記抽出手段は、法線の前記疑似法線となす角度が、所定の基準範囲内にある点を特徴点として抽出することを特徴とする請求項 3 に記載の自由曲面生成装置。

【請求項 6】 前記抽出手段は、前記三角網の頂点がある 3 つの疑似法線のうち、任意の 2 つの疑似法線のなす角度が所定の基準値より大きい角度となる前記頂点を構成する点を前記特徴点として抽出することを特徴とする請求項 3 に記載の自由曲面生成装置。

【請求項 7】 空間的な広がりをもつ所定の点群データに対応する自由曲面を生成する自由曲面生成方法において、

前記点群データを所定の数の集合点に分割するステップと、

分割された前記集合点について、三角網を形成するステップと、

前記三角網を構成する各辺を曲線に変換するステップと、

前記曲線を含む曲面パッチを生成するステップと、

前記曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点を抽出するステップと、

前記特徴点を用いて曲面を修正するステップとを備えることを特徴とする自由曲面生成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自由曲面生成装置および自由曲面生成方法に関し、特に、点群データを用いて自由曲面を生成するとともに、点群データより、所定の条件を満たす特徴点を抽出し、この特徴点を用いて曲面を修正するようにした自由曲面生成装置および自由曲面生成方法に関する。

【0002】

10 【従来の技術】従来より、CAD (Computer Aided Design) / CAM (Computer Aided Manufacturing) システムを用いて、コンピュータ上の仮想的な空間に所望の形状を表現し、これを適宜修正することで、自由曲面を有する物体の形状をデザインすることが可能となっている。

【0003】CAD / CAM システムにおいては、所望の曲線が通過する点 (節点) を幾つか入力することで、それらの点を通過する滑らかな曲線をコンピュータ上の仮想空間に表現することができる。これらの曲線は、コンピュータが、入力された点に対する所定のベクトル演算、例えば、ベジエ (Bezier) 式や B-スプライン (B-Spline) 式などの演算を行うことにより、実現されている。

【0004】そして、ユーザがデザインしようとする大まかな形状をこれら複数の曲線により生成した後、曲線により囲まれた領域を、所定のベクトル演算により求められる所定の曲面 (パッチ) で補間することで、所望の自由曲面を得ることができる。

【0005】しかしながら、このように、全ての節点をキーボードやマウスなどの 2 次元的な入力デバイスを用いて入力することで、3 次元の複雑な自由曲面を生成するには、相応の熟練が必要であるとともに、時間を要することになる。

【0006】そこで、実在する所定の模型に対して、例えば、3 次元測定装置などを用いて、立体的な模型の形状を測定し、その測定結果のデータを CAD / CAM に入力し、このデータを処理することで自由曲面を生成することが提案されている。

【0007】例えば、図 13 に示す模型について、正方格子状に立体的な形状を測定し、この測定結果を基に、図 14 に示すような正方格子状の点群データを生成する。そして、これらの点群データにスプライン曲線を補間して、図 15 に示すような自由曲面の画像を生成することができる。

【0008】また、所定の模型について、図 16 に示すように等方向断面の形状を測定し、この測定結果を基に、図 17 に示すような近似した断面曲線を生成する。そして、これらの断面曲線の並んだ方向にスプライン曲線を補間して、図 18 と図 19 に示すような自由曲面の画像を生成することができる。この処理においては、図

50 19 に示すように、自由曲面上に細かい編み目模様が形

成されてしまう。

【0009】さらに、例えば、図20に示すように、所定の模型について、予め特徴部分を設定しておき、この特徴部分の形状を測定してデータ化し、図21乃至図23に示すように、特徴部分についての曲線を生成する。そして、これらの曲線の間に曲面を補間して、自由曲面の画像を生成することができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図13乃至図15を用いて説明した方法と、図16乃至図19を用いて説明した方法においては、測定結果として得られるデータが、模型の全体の形状によるデータから構成されているため（所定の特徴部分のみのデータから構成されていないため）、データ量が多くなってしまう。また、これらの方法では、曲面を構成するデータの独立性が低い（基本曲面の単位で分離されていないため）、例えば、フィレット処理（特徴が異なる基本曲面同士を滑らかに接続する処理）を行う場合においても、フィレット径やフィレット形状を容易に変更することができない。

【0011】一方、図20乃至図23を用いて説明した特徴部分を抽出して自由曲面の画像を生成した場合においては、所定の特徴部分のデータを測定するために要する時間が過大になるとともに、測定誤差や測定漏れが発生するため、正確に模型を再現することが困難である。

【0012】また、他の方法を用いた場合においても、一般的に、3次元測定装置により得られるデータは、CADで生成するデータと比較し、誤差を多く含むとともに、点群データにより構成されているため、多くの情報が欠落している。そのため、所望の自由曲面を得るには、生成された自由曲面に、修正、補間、および追加変更などの処理をすることが不可欠であるが、3次元測定装置により得られるデータに対し、CADで処理できるデータを付加することができないため、これらの処理を行うことは困難である。

【0013】従って、従来の場合、3次元測定装置などにより得られる所定の点群データを用いて、正確な形状の自由曲面を生成したり、自由曲面を任意に修正することは困難である課題があった。

【0014】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、比較的、少ないデータ量を有する所定の点群データを基に、正確な形状の自由曲面を生成するとともに、生成された自由曲面を、任意に修正することができるようにしたものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の自由曲面生成装置は、点群データを所定の数の集合点に分割する分割手段と、分割された集合点について、三角網を形成する形成手段と、三角網を構成する各辺を曲線に変換する変換手段と、曲線を含む曲面パッチを生成する生成

手段と、曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点を抽出する抽出手段と、特徴点を用いて曲面を修正する修正手段とを備えることを特徴とする。

【0016】請求項7に記載の自由曲面生成方法は、点群データを所定の数の集合点に分割するステップと、分割された集合点について、三角網を形成するステップと、三角網を構成する各辺を曲線に変換するステップと、曲線を含む曲面パッチを生成するステップと、曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点を抽出するステップと、特徴点を用いて曲面を修正するステップとを備えることを特徴とする。

【0017】請求項1に記載の自由曲面生成装置においては、分割手段が、点群データを所定の数の集合点に分割し、形成手段が、分割された集合点について、三角網を形成し、変換手段が、三角網を構成する各辺を曲線に変換し、生成手段が、曲線を含む曲面パッチを生成し、抽出手段が、曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点を抽出し、修正手段が、特徴点を用いて曲面を修正する。

【0018】請求項7に記載の自由曲面生成方法においては、点群データが所定の数の集合点に分割され、分割された集合点について、三角網が形成され、三角網を構成する各辺が曲線に変換され、曲線を含む曲面パッチが生成され、曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点が抽出され、特徴点を用いて曲面が修正される。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は本発明の自由曲面生成装置12を用いたCAD/CAMシステム1の一実施例の構成を示すブロック図である。

【0020】3次元測定装置11は、外部から供給される指令に従い、所定の形状を有する模型に対して空間的な形状を測定し（モックから形状データを取り込み）、形状に対応する所定の点群データを生成し、自由曲面生成装置12に供給するようになされている。

【0021】ユーザは、キーボードやマウスなどの入力デバイスで構成された入力装置13を操作することにより、自由曲面生成装置12に対し、所定の操作に対応する各種の動作を指示することができるようになされている。

【0022】自由曲面生成装置12は、入力装置13を介して入力されるユーザからの指示に従い、3次元測定装置11より入力された点群データを基に、仮想空間に所定の形状に対応する自由曲面や修正した自由曲面を生成し、表示装置14に表示させるようになされている。従って、ユーザは、表示装置14に表示された自由曲面を参照しながら、所望の修正処理を自由曲面生成装置12に指示することができる。また、自由曲面生成装置12は、ユーザからの指示に対応して、生成した自由曲面

のデータを工具経路作成装置15に供給するようになされている。

【0023】工具経路作成装置15は、自由曲面生成装置12からの自由曲面のデータを基に、オフセットポリゴン上の工具駆動経路を規定した切削加工用のデータを生成し、フロピディスク16に記録するようになされている。マシニングセンタに設置されたNCミーリングマシン17は、フロピディスク16に記録された切削加工用のデータを用いて、その具備するNCフライス盤を駆動し、切削加工用のデータに対応する所定の製品の金型を生成するようになされている。なお、データは、フロピディスク16を介さずに、工具経路作成装置15からNCミーリングマシン17に直接供給するようにしてもよい。

【0024】次に、CAD/CAMシステム1の処理動作について、図2のフローチャートを参照して説明する。

【0025】いま、3次元測定装置11より、所定の物体(模型)の形状に対応する点群データが自由曲面生成装置12に入力され、ユーザが、入力装置13の所定の操作により、自由曲面生成装置12に対し、点群データに対応する自由曲面の生成を指示したものとする。

【0026】図2のステップS1(分割手段)で、自由曲面生成装置12は、ユーザからの指示に対応して、点群データに対し、空間的に近くに位置する同位相の所定の数の点(例えば物体の同一の面を構成する点)をグループ化して集合点を生成する。すなわち、このステップで、点群データは所定の数の点により構成される複数の集合点に分割される。具体的には、取り込まれた点群データが、その模型の基本的な各面毎のデータに区分される。

【0027】続くステップS2(形成手段)で、自由曲面生成装置12は、集合点を構成する点について、三角網を形成する。ここで、このステップで形成される三角網について、図3を参照して説明する。

【0028】図3に示すように、自由曲面生成装置12*

$$T_j(P_{aj}, P_{aj+1}, P_i) \quad (1 \leq j \leq n) \quad (1)$$

【0034】いま、点 Pa_1, Pa_2, P_i で形成される三角形 $T_1(Pa_1, Pa_2, P_i)$ の法線ベクトル $[L_1]$ ($[]$ は、ベクトルを表す。以下、この明細書においては、ベクトルを $[]$ で表す)を考えることにする。法線ベクトル $[L_1]$ は、点 Pa_1 、点 Pa_2 、および点 P_i で規定される平面に垂直なベクトルであるため、ベクトル $[P_i Pa_2] \times [P_i Pa_1]$

$$[P_i Pa_2] \times [P_i Pa_1] / |[P_i Pa_2] \times [P_i Pa_1]| \quad (2)$$

【0035】同様に、三角形 $T_j(P_{aj}, P_{aj+1}, P_i)$ の法線ベクトル $[L_j]$ は、式(3)で表すことができ ★

$$[P_i P_{aj+1}] \times [P_i P_{aj}] / |[P_i P_{aj+1}] \times [P_i P_{aj}]| \quad (3)$$

【0036】そこで、点 P_i の疑似法線ベクトル $[N_i]$ を、これらの法線ベクトル $[L_j]$ ($1 \leq j \leq n$)の平均ベ

*内の仮想空間(3次元空間)においては、分割された1つの集合点を構成する点(1つのグループの点)が空間的に所定の位置に配置されている。ステップS2の三角網生成方法においては、3次元上のこれらの点を、所定の平面(図中、xy平面)上へ投影し、投影された点について、ドロネーの三角網(3つの点の外接円の中に、他の点が存在しないようにして選んだ3つの点により構成される三角網)を形成するように3つの点の組み合わせを決定する。そして、この平面上の組み合わせを、空間上の点に適用することで、空間上(3次元上)の三角網を形成する。このようにして、所定の集合点に対し、三角網が形成される。

【0029】後続のステップS3で、すべてのグループについて、三角網が形成されたか否かが判断される。すべてグループについて、三角網が形成されていないと判断された場合、ステップS1に戻り、それ以降の処理が繰り返し実行される。

【0030】このようにして、ステップS1乃至ステップS3に示す処理が繰り返し実行され、自由曲面を構成するすべてのグループ(例えば、模型の6面に対応する各グループ)について、三角網が形成されたとき、ステップS3でYESの判定がなされ、ステップS4に分岐する。

【0031】ステップS4で、自由曲面生成装置12は、三角網が形成されたグループ同士を所定の規則に従い、合成する。すなわち、これにより、6面がそれぞれ三角網で形成された立体形状のデータが得られたことになる。

【0032】続く、ステップS5で、自由曲面生成装置12は、三角網を利用して各点に対応する疑似法線を求める。ここで、このステップで求められる各点の疑似法線について、図4を参照して説明する。

【0033】図4に示すように、点 P_i は、その周囲の点 Pa_1 乃至 Pa_n とともに三角網を構成している。この三角網を構成する各三角形は、式(1)で表すことができる。

※1(点 P_i から点 Pa_1 に向かうベクトル。以下、所定の点から次の点に向かうベクトルを同様に記載する)と、ベクトル $[P_i Pa_2]$ の外積により表されるベクトルの方向を有する。すなわち、法線ベクトル $[L_1]$ を単位ベクトルとした場合、法線ベクトル $[L_1]$ は、式(2)で表すことができる。

$$[P_i Pa_2] \times [P_i Pa_1] / |[P_i Pa_2] \times [P_i Pa_1]| \quad (2)$$

★る。

クトルとして式(4)のように定義する。

【数1】

7

$$[Ni] = \frac{\sum_{j=1}^n [Lj]}{\left| \sum_{j=1}^n [Lj] \right|} \quad (4)$$

【0037】このようにして、ステップS5で、各点に対応した疑似法線が求められる。

【0038】続く、ステップS6（変換手段）で、自由曲面生成装置12は、三角形Tj（Paj, Paj+1, Pi）の各辺を、ステップS4で求めた各点の疑似法線を用い

$$[Ri+1] = E [Ri] \quad (i=0,1,2) \quad (5)$$

$$[P] = ((1-t+tE)^3) [R0] \quad (6)$$

【0042】しかしながら、図5に示す場合においては、位置ベクトルは、点Piに対応するベクトル[R0]と点Palに対応するベクトル[R3]の2つの位置ベクトルのみが与えられている。

【0043】そこで、疑似法線ベクトル[Ni]を用いて、残りの2つの位置ベクトル（ベクトル[R1]とベクトル[R2]）を求める。

※

$$[g] = ([Ni] \times [PiPal]) \times [Ni] \quad (7)$$

【0045】そして、ベクトル[g]の方向に辺PiPalの1/3の長さで表される位置にベクトル[R1]に対応する制御点を1つ取り、ベクトル[g]の方向に辺PiPalの2/3の長さで表される位置にベクトル[R2]に対★

$$[R1] = [R0] + ([g] / |g|) (1/3 |PiPal|) \quad (8)$$

$$[R2] = [R0] + ([g] / |g|) (2/3 |PiPal|) \quad (9)$$

【0046】なお、ベクトル[R2]に対応する制御点は、ベクトル[g]方向にとるとしたが、点Palについて、点Piのときと同様な処理を行い、点Palを始点とするベクトルの方向に辺PalPiの1/3の長さで表される位置にとるようにすることもできる。

【0047】このようにして、辺PiPalを、4つの位置ベクトル（ベクトル[R1]乃至ベクトル[R3]）により規定される3次ベジエ曲線に変換することができる。また、他の辺や、他の三角形の有する辺も同様に変☆

$$[Ai+1,j] = E [Ai,j] \quad (i,j=0,1,2) \quad (10)$$

$$[Ai,j+1] = F [Ai,j] \quad (i,j=0,1,2) \quad (11)$$

$$[Q] = ((1-u+uE)^3)(1-v+vF)^3 [A00] \quad (0 \leq u,v \leq 1) \quad (12)$$

【0049】3次ベジエ曲面を生成することは、16個の位置ベクトル（ベクトル[A00]乃至ベクトル[A33]）を決定することと同じである。また、いまの場合、3つの辺に対応する3次ベジエ曲線が既知である。従って、12（=4*3）個の制御点が既知であるので、残りの4つの内部制御点を求めれば、3次ベジエ曲面パッチを生成することができる。なお、3次ベジエ曲面は、4つの頂点に対する曲面であり、いまの場合は、3つの頂点に対する曲面であるが、4つの頂点のうち、2つは

8

*て、3次ベジエ曲線に変換する。

【0039】ここで、ステップ6で実行される3次ベジエ曲線の変換について、図5を参照して説明する。

【0040】図5は、三角形T1（Pa1, Pa2, Pi）の辺PiPalを3次ベジエ曲線に変換した状態を示している。

【0041】3次ベジエ曲線[P]は、制御点に対応する4つの位置ベクトル（[R0]乃至[R3]）により、式（5）のシフト演算子Eを用いて式（6）で表すことができる。

※【0044】具体的には、疑似法線ベクトル[Ni]およびベクトル[PiPal]で規定される平面に垂直なベクトルと、疑似法線ベクトル[Ni]とで規定される平面に垂直な方向に、ベクトル[R1]とベクトル[R2]に対応する2つの制御点を求める。すなわち、上述の方向を有するベクトル[g]を式（7）により求める。

★応する残りの制御点をとるようにする。すなわち、これらの制御点に対応する位置ベクトル（ベクトル[R1]とベクトル[R2]）は、式（8）と式（9）で表すことができる。

☆換することができる。

30 【0048】次に、ステップS7（生成手段）で、自由曲面生成装置12は、3次ベジエ曲線で囲まれた1つの面に対して、3次ベジエ曲面パッチを生成する。3次ベジエ曲面[Q]は、制御点に対応する16個の位置ベクトル（[A00]乃至[A33]）により、式（10）のシフト演算子Eと式（11）のシフト演算子Fを用いて式（12）で表すことができる。

同じ点である（縮退している）として、同様の演算手法を用いることができる。

【0050】そこで、このステップにおいては、3つの頂点の疑似法線を用いて3つの3次ベジエ曲線上の法線を求めるようにする。そして、3次ベジエ曲線上の法線と、内部制御点により表される3次ベジエ曲面のエッジ（3次ベジエ曲線近傍）の法線とが一致するような条件（内積が1となる条件）について最小2乗近似を用いて内部制御点を決定する。この点の詳細は、特願平06-

128122号に記述されている。

【0051】このようにして、すべての三角網について3次ベジエ曲面パッチを生成することで、与えられた点群に対応する自由曲面が生成され、表示装置14に、その画像が表示される。

【0052】続く、ステップS8（抽出手段）で、所定の条件を満足する点（特徴点）を抽出する。

【0053】ここで、ステップS8で抽出される特徴点の例を図6乃至図8を参照して説明する。

【0054】図6と図7は、特徴点を抽出するための条

$$\cos(\theta 2) < [Ni] \cdot [m] / | [Ni] | | [m] | < \cos(\theta 1)$$

【0055】図8は、特徴点を抽出するための条件の第2の実施例を示している。すなわち、図6に示すように、選択範囲を決定し、その中に含まれる点のうち、その点の疑似法線[m]と、点Piの疑似法線[Ni]との※

$$\cos(\theta 3) > [Ni] \cdot [m] / | [Ni] | | [m] | \quad (14)$$

【0056】このようにして、所定の条件を与え、特徴点を抽出した状態の例を図9に示す。ユーザは、抽出された特徴点のデータを用いて、新たな曲線や曲面を（例えば、特願平04-274570号に開示した方法により）生成し、自由曲面を部分的に修正することが可能である。また、特徴点は全体の自由曲面とは独立して処理することができるため、種々の応用に利用することができる。

【0057】例えば、図10に示すような点群データのみにより生成した自由曲面は、基本曲面と、特徴を有する曲面（例えば、隣接するパッチ間で変位の差が大きい曲面）とを分離することが困難であるため、部分的な変更や修正が困難となる。

【0058】一方、図11に示すように、点群データのみにより生成した自由曲面から、基本曲面と、所定の特徴を有する曲面（特徴点により生成される曲面）を分離させた場合、CADにおいて、それぞれの曲面の形状を、別個に、処理することができるため、例えば、フィレット処理（特徴が異なる基本曲面同士を滑らかに接続する処理）を行う場合においても、フィレット径やフィレット形状を容易に変更することができる。

【0059】図2のフローチャートの説明に戻り、ステップS9（修正手段）で、ユーザは、表示装置14に表示された自由曲面を、回転、移動、拡大、または縮小したり、抽出した特徴点により生成した曲線や曲面を用いて上述したように所望の形状に近似させたりして、修正する。

【0060】また、表示装置14に表示されている自由曲面の画像は、所定のベクトル関数（3次ベジエ曲面パッチの集まり）として一意に決定されているので、この自由曲面と、任意の平面や曲面との交線を（例えば、特願平03-118666号に開示されている方法により）求めたり（断面を求めたり）、図12に示すよう

*件の第1の実施例を示している。すなわち、図6に示すように、点Piに対して空間的な所定の広がり範囲を選択範囲として決定し、その中に含まれる点群のうち、その点の疑似法線[m]と、点Piの疑似法線[Ni]とのなす角度θが、図7に示すように、2つの基準値としての角度θ1, θ2（θ1<θ2）の範囲内にある（θ1<θ<θ2を満たす）点のみを抽出するようにする。すなわち、式（13）を満たす疑似法線[m]を有する点を抽出するようにする。

(13)

※なす角度θが、図8に示すように、所定の基準値（角度θ3）より大きい（θ3<θを満たす）点のみを抽出するようにする。すなわち、式（14）を満たす疑似法線[m]を有する点を抽出するようにする。

(14)

に、自由曲面上の任意の曲線（その曲線上に点群データが存在しない曲線）を求めたりすることが可能である。従って、これらの情報を基に、自由曲面の修正を行うこともできる。さらに、この自由曲面上に任意の曲線または曲面を投影したときの曲線または曲面を（例えば、特願平05-128216号に開示されている方法により）求め、この情報を用いた修正を行うこともできる。

【0061】続く、ステップS10で、ユーザは、必要に応じて修正した自由曲面が所望のものであるのか否かを判断し、自由曲面が所望のものではないと判断した場合、再び、ステップS8に分歧し、それ以降の処理が実行される。ステップS10において、ユーザが自由曲面は所望のものであると判断した場合は、図2に示す自由曲面の生成処理が終了する。

【0062】このようにして、3次元測定装置11より供給された点群データを基に、対応する自由曲面を生成し、所定の条件により抽出された特徴点を用いて、自由曲面の一部分を任意の形状に修正することができる。

【0063】また、点群データのみを用いて各点に疑似法線を定義し、この疑似法線より、3次ベジエ曲線と3次ベジエ曲面パッチを生成するため、空間的な広がりを有するランダムな点群データや、比較的データ量の少ない点群データに対しても、滑らかな自由曲面を生成することができる。

【0064】さらに、3次元測定装置11が自動的に生成する、比較的測定時間の短い全点群データから、有用なデータのみを抽出したり、不要なデータを削除するようなことができるとともに、データの欠落を補間して、自由曲面を生成することができる。

【0065】なお、上記実施例においては、疑似法線を用いて、3次ベジエ曲線と3次ベジエ曲面パッチを生成するようにしたが、他の高次ベジエ式による曲線と曲面を用いるようにすることもできる。また、ユーザが、入

11

力した点群データ（CADで作成したデータ）に対して、本発明を適用することができる。

【0066】

【発明の効果】以上のように請求項1に記載の自由曲面生成装置および請求項7に記載の自由曲面生成方法によれば、点群データに対して三角網を形成し、曲線と曲面パッチを生成し、曲面パッチにより構成される全体の曲面より、所定の条件を満たす特徴点を抽出し、特徴点を用いて曲面を修正するようにしたので、点群データに対応する自由曲面を生成することができるとともに、生成された自由曲面に対し、容易に、部分的な修正を加えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の自由曲面生成装置12を用いたCAD/CAMシステム1の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】図1のCAD/CAMシステム1の処理動作を説明するフローチャートである。

【図3】図2のステップS2における、三角網の生成方法を説明する図である。

【図4】図2のステップS4における、疑似法線を求める方法を説明する図である。

【図5】図2のステップS5における、三角網の各辺を3次ベジェ曲線に変換する方法を説明する図である。

【図6】特徴点を抽出する空間的な広がり範囲を示す図である。

【図7】特徴点の満たす条件を説明する図である。

【図8】特徴点の満たす他の条件を説明する図である。

【図9】抽出された特徴点を示す図である。

【図10】点群データのみにより生成した自由曲面を示す図である。

12

【図11】特徴点を用いて生成した自由曲面を示す図である。

【図12】生成された自由曲面より、自由曲面上の任意の曲線を抽出することができることを示す図である。

【図13】物体の写真である。

【図14】図13に示す物体について、その形状を格子状に測定した点群を示す写真である。

【図15】図14の点群データを基に、スプライン曲線を生成して図13に示す物体の自由曲面を生成した写真である。

【図16】物体について、その形状の断面を測定したデータを示す図である。

【図17】図16のデータを基に、スプライン曲線を生成した状態を示す図である。

【図18】図17のデータを基に、物体の自由曲面を生成した状態を示す図である。

【図19】図18の一部分を拡大して示す図である。

【図20】物体の特徴点を抽出する方法を説明する図である。

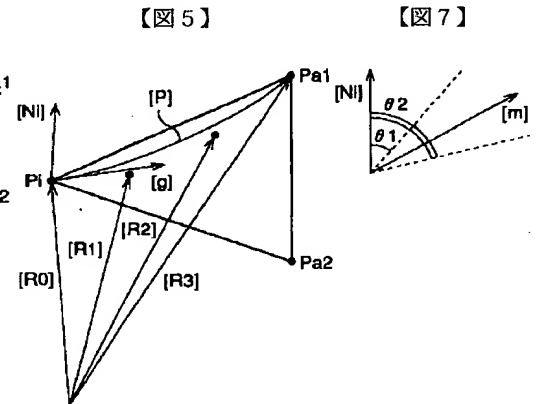
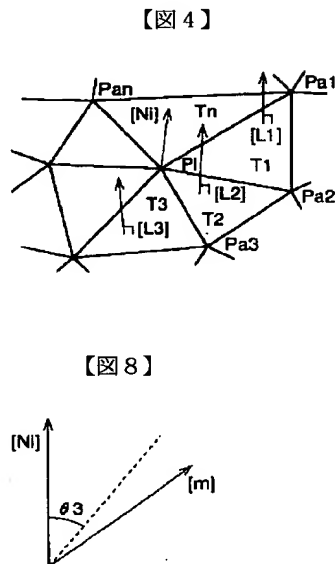
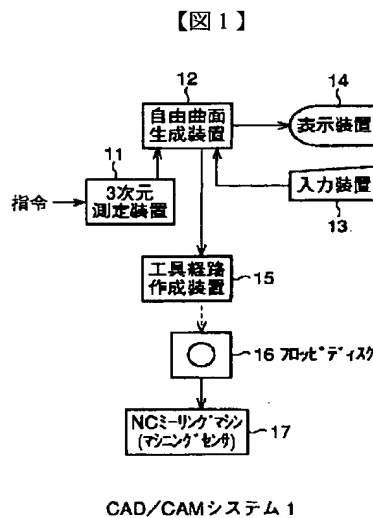
【図21】図20の物体について、その形状の特徴部分を測定したデータを示す図である。

【図22】図20の物体について、その形状の特徴部分を測定したデータを示す他の図である。

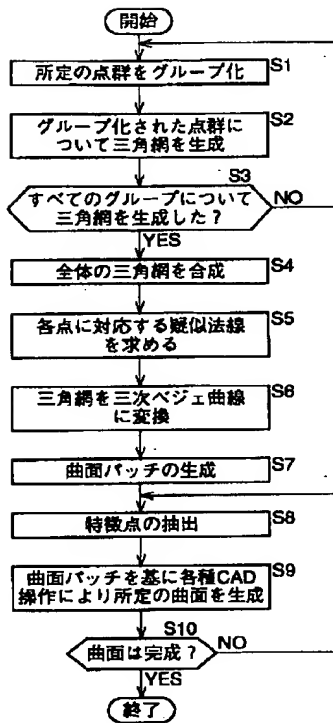
【図23】図20の物体について、その形状の特徴部分を測定したデータを示すさらに他の図である。

【符号の説明】

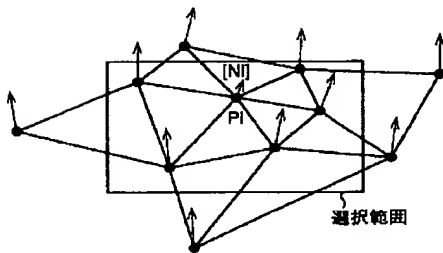
11 3次元測定装置, 12 自由曲面生成装置,
13 入力装置, 14 表示装置, 15 工具経路
作成装置, 16 フロッピディスク, 17 NCミ
ーリングマシン



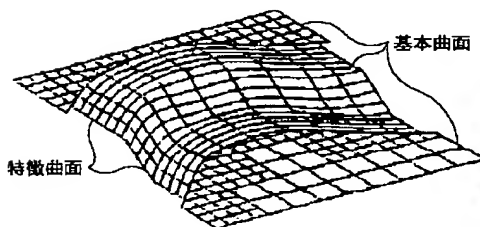
【図2】



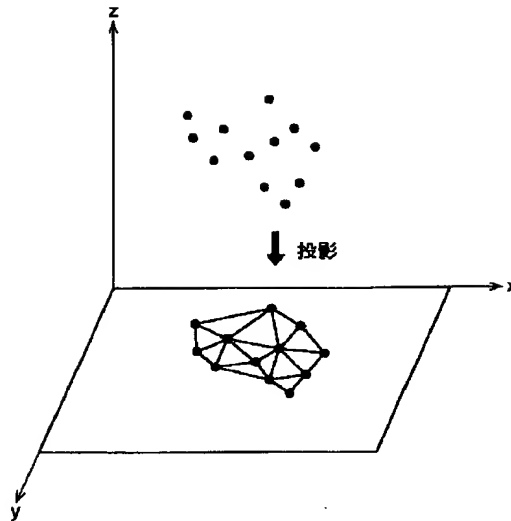
【図6】



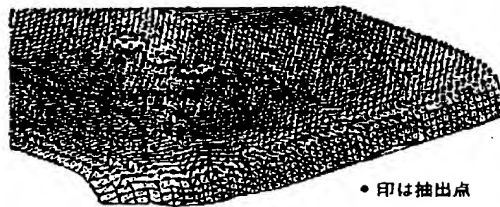
【図10】



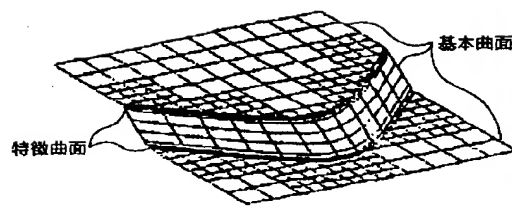
【図3】



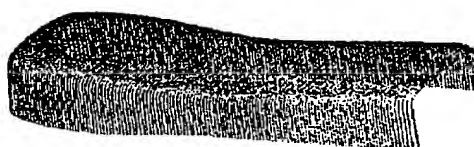
【図9】



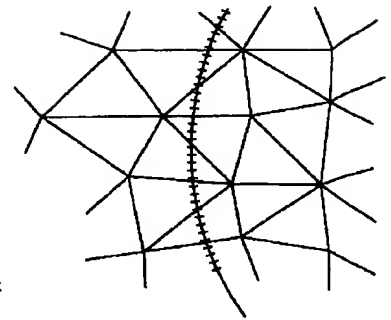
【図11】



【図16】



【図12】



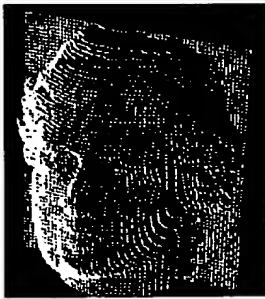
【図13】



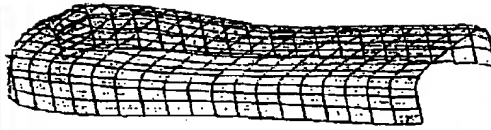
【図15】



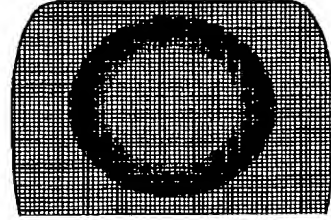
【図14】



【図17】



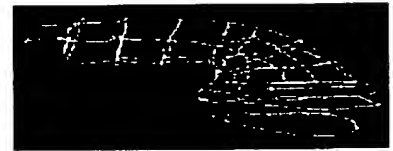
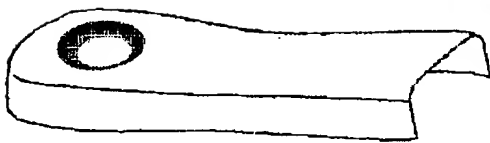
【図19】



【図20】

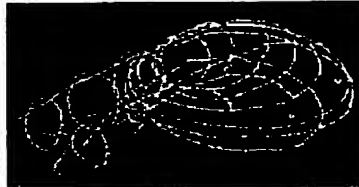
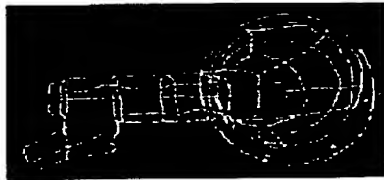
【図21】

【図18】



【図22】

【図23】



【手続補正書】

【提出日】平成8年8月8日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の自由曲面生成装置12を用いたCAD/CAMシステム1の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】図1のCAD/CAMシステム1の処理動作を説明するフローチャートである。

【図3】図2のステップS2における、三角網の生成方法を説明する図である。

【図4】図2のステップS4における、疑似法線を求める方法を説明する図である。

【図5】図2のステップS5における、三角網の各辺を3次ベジエ曲線に変換する方法を説明する図である。

【図6】特徴点を抽出する空間的な広がり範囲を示す図である。

【図7】特徴点の満たす条件を説明する図である。

【図8】特徴点の満たす他の条件を説明する図である。

【図9】抽出された特徴点を示す図である。

【図10】点群データのみにより生成した自由曲面を示す図である。

【図11】特徴点を用いて生成した自由曲面を示す図である。

【図12】生成された自由曲面より、自由曲面上の任意の曲線を抽出することができることを示す図である。

【図13】物体のディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【図14】図13に示す物体について、その形状を格子状に測定した点群を示すディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【図15】図14の点群データを基に、スプライン曲線を生成して図13に示す物体の自由曲面を生成したディ

スプレー上に表示した中間調画像の写真である。

【図16】物体について、その形状の断面を測定したデータを示す図である。

【図17】図16のデータを基に、スプライン曲線を生じた状態を示す図である。

【図18】図17のデータを基に、物体の自由曲面を生じた状態を示す図である。

【図19】図18の一部分を拡大して示す図である。

【図20】物体の特徴点を抽出する方法を説明するディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【図21】図20の物体について、その形状の特徴部分を測定したデータを示すディスプレイ上に表示した中間

調画像の写真である。

【図22】図20の物体について、その形状の特徴部分を測定したデータを示す他のディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【図23】図20の物体について、その形状の特徴部分を測定したデータを示すさらに他のディスプレイ上に表示した中間調画像の写真である。

【符号の説明】

11 3次元測定装置, 12 自由曲面生成装置,
13 入力装置, 14 表示装置, 15 工具経路
作成装置, 16 フロッピディスク, 17 NCミ
リングマシン